LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK
TROISIEME COURS

Dossier public 84-7

ISSN 0712-4562

NATURAL RESOURCES
NEW BRUNSWICK
RESSOURCES NATURELLES
NOUVEAU-BRUNSWICK

Ce rapport a été préparé à l'intention de:

Ministère des Ressources naturelles
La Direction des Ressources minières
Nouveau-Brunswick

Hon. Gerald S. Merrithew, Ministre

1984

Subvention partielle de:

Gouvernement du Canada
Expansion économique régionale

Hon. Edward C. Lumley, Ministre

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK
TROISIEME COURS
(CARTES TOPOGRAPHIQUES ET PROCESSUS GEOLOGIQUES DE SURFACE)

La Direction des Ressources minières
Ministère des Ressources naturelles
Nouveau-Brunswick

Ce projet est un projet de développement fédéral-provincial de la province du Nouveau-Brunswick et du ministère fédéral de l'Expansion économique régionale financé en vertu de l'entente auxiliaire sur les minéraux et les carburants de l'Entente-cadre de développement Canada/Nouveau-Brunswick.

Les personnes intéressées peuvent se procurer des exemplaires du rapport en s'adressant à:

La Direction des Ressources minières
Ministère des Ressources naturelles
C.P. 6000, Fredericton, N.-B. E3B 5H1

Rapport N^{O}: Dossier public 84-7

Auteur: W. E. Hale (l'université du Nouveau-Brunswick)

Première page: Tim Fevens

N^{O} de catalogue: ISSN 0712-4562

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK

Programme
de
six cours

de
l'Université du Nouveau-Brunswick
et du
Ministère des Ressources naturelles

Janvier 1982

Fredericton (N.-B.)

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK

W. E. Hale

TROISIEME COURS

Cartes topographiques et processus géologiques de surface

PAGE

3.1.0 NOTES A L'INTENTION DES ETUDIANTS..... 1

A. INTRODUCTION GENERALE 1

B. CARTES TOPOGRAPHIQUES 1

1. Introduction 1

2. Photographies aériennes et cartes topographiques.. 2

3. Courbes de niveau..... 2

4. Exercice avec une carte topographique..... 2

C. PROCESSUS DE SURFACE..... 6

1. Introduction 6

2. Volcanisme..... 7

a. Renseignements généraux 7

b. Nouveau-Brunswick..... 8

c. Roches et minerais d'origine volcanique..... 9

3. L'altération et les sols 9

a. Renseignements généraux 9

b. Canada et Nouveau-Brunswick..... 12

c. L'altération et les minerais 13

4. Le cycle de l'eau et les eaux souterraines..... 16

a. Renseignements généraux 16

b. Nouveau-Brunswick 19

5. Erosion des matières altérées 19
a. Renseignements généraux..... 19
b. Mouvements (de masse) dus à la gravité..... 20
c. Cours d'eau, rivières et lacs..... 21
d. Glaciation 23
e. Effets des courants, des marées et des vagues sur la côte..... 26
f. Vent..... 29

D. RESUME 29

3.2.0 FEUILLES DE RENSEIGNEMENTS, ETC.

.1 Partie de la feuille de Fredericton, 1:50.000
.2 Cycle de la formation des roches
.3 Répartition des volcans actifs sur le Globe
.4 Evolution de la caldeira volcanique (qui semble être la forme qu'on peut observer dans la région du mont Plaisant)
.5 Profil général du sol (résiduel)
.6 Profil des sols transportés
.7 Cycle de l'eau
.8 Tableau sommaire des formations superficielles

3.3.0 PRESENTATIONS DE DIAPOSITIVES

.1 L'altération et les agents d'érosion J.L.M. 120
.2 Caractéristiques de la glaciation continentale J.L.M. 134.

Notes accompagnant

la série de cours

sur

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK

TROISIEME COURS

(d'une série de 6)

CARTES TOPOGRAPHIQUES ET PROCESSUS GEOLOGIQUES DE SURFACE

3.1.0 NOTES A L'INTENTION DES ETUDIANTS

A. INTRODUCTION GENERALE

Le présent cours (le troisième) porte des processus géologiques qui se produisent (et qui peuvent être observés) à la surface de la terre. Il sert également à expliquer aux étudiants ce qu'est une carte topographique ou de surface. Une carte topographique peut servir à interpréter les processus de surface qui se sont produits dans une région. Ceci peut servir en retour à guider le prospecteur dans sa recherche en vue de trouver du minerai à la surface. (Les étudiants qui ont une bonne connaissance des cartes topographiques, de leurs symboles, leurs échelles, etc., devraient passer directement à l'étude des processus de surface eux-mêmes et de leur influence sur l'emplacement du minerai.)

Nous devrons nous contenter, dans les présentes notes, d'une présentation sommaire des cartes topographiques et des processus de surface. L'étudiant devrait obtenir des cartes topographiques additionnelles (du ministère des Ressources naturelles) pour les régions qui l'intéressent particulièrement et pour se pratiquer à

régions qui l'intéressent particulièrement et pour se pratiquer à faire la "lecture" de cartes. Il est possible d'acheter ou de consulter des catalogues de cartes topographiques ou de photographies aériennes au MRN, à Fredericton, ou à ses bureaux régionaux à Bathurst et Sussex.

Le prospecteur devrait consacrer une partie importante de sa recherche, tant dans son travail de planification que sur place, à l'étude des processus de surface. En vue de pouvoir identifier les substances à la surface, leur forme, ainsi qu'interpréter leur formation et se servir de ses connaissances pour déterminer l'emplacement possible de minerais, il, ou elle, devra étudier et pratiquer au-delà des simples exercices qui lui sont présentés dans le présent cours.

Vour trouverez les sujets traités ici dans le guide de laboratoire (Hamblin and Howard, 1980) aux chapitres 7 à 15 inclusivement. Ce guide a été préparé et publié aux Etats-Unis et c'est pourquoi la plupart des exemples portent sur des endroits situés dans ce pays. Cependant, les processus géologiques n'ont pas de frontières et, par conséquent, la compréhension des exemples fournis dans ce guide vous aidera à comprendre les produits et les processus de surface qu'on retrouve au Nouveau-Brunswick. Afin d'illustrer les divers sujets qui seront traités dans le présent cours, nous citerons et utiliserons même à l'occasion des exemples tirés du Nouveau-Brunswick.

Dans les ouvrages recommandés pour le cours, vous trouverez une étude plus détaillée des processus géologiques de surface, soit dans l'ouvrage n° 10 (Physical Geology, Plummer and McGeary, 1979), chapitres 5, 6, 9, 10, 11, 12, 12 et 14, ainsi que dans l'ouvrage n° 6 (Principles of Physical Geology, 1978), chapitres 8, 6, 7, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23 et 24. D'autres textes (qui ne figurent pas dans votre liste) traitent des processus de surface dans leur ensemble et, en ce sens, ils pourraient être plus utiles, soit The Changing Earth (G. C. Milligan, 1977, McGraw-Hill Ryerson Ltd., Toronto, Partie III) et The Earth.

B. CARTES TOPOGRAPHIQUES

1. Introduction

Ce qui intéresse le prospecteur, c'est le travail "sur place". Voici quelques activités utiles: la planification, la formation personnelle, la collecte et l'étude des données, la préparation de descriptions de propriétés ou de concessions, etc., qui peuvent être réalisées à l'intérieur, particulièrement dans une région comme le Nouveau-Brunswick où l'hiver empêche tout travail de prospection, dans le sens conventionnel du terme, pendant près de six mois par année. Il faut toutefois considérer ces activités intérieures comme des activités complémentaires à la recherche principale qui est effectuée sur place.

Le travail sur le terrain devrait être planifié soigneusement, réalisé avec précision et noté sérieusement. Ceci est vrai, que le prospecteur travaille pour une compagnie ou d'une manière plus individuelle. Bien des prospecteurs réussissent à susciter moins d'intérêt pour leur travail ou leur domaine en n'ayant qu'une idée générale du terrain qu'ils ont découvert. Il faut utiliser une "base" quelconque pour contrôler l'emplacement. La base la plus commune est l'emploi d'une carte topographique. On peut également considérer les photos aériennes comme un type de carte topographique.

Une carte topographique est une représentation (ou "illustration") de la surface du globe terrestre en deux dimensions et selon une échelle qui établit une correspondance entre une distance terrestre et une certaine dimension de distance sur la carte. Il y a bien des sortes de cartes topographiques, selon les divers types de renseignements qu'elles contiennent.

Les courbes de niveau sont un moyen de reproduire la troisième dimension sur les cartes topographiques et il s'agit là d'un genre de renseignement dont le prospecteur a besoin.

L'étudiant devrait maintenant suivre le guide de laboratoire, en commençant au chapitre 7, p. 59.

2. Photographies aériennes et cartes topographiques

En suivant les instructions qui sont données en page 197 (de votre guide) et en retirant les pages illustrées du livre, apprenez à vous servir du stéréoscope pour observer certaines parties de la surface du globe en trois dimensions à partir des photographies aériennes. Cette technique bien simple se révélera très utile pour vous orienter sur place. Les exemples de tons différents sur les photos en noir et blanc (fig. 14, p.61) vous serviront d'introduction à l'interprétation des photographies aériennes.

3. Courbes de niveau

Les courbes de niveau sont expliquées à la p. 62 de votre guide de laboratoire et un exercice sur la manière de tracer une carte en courbes est présenté à la p. 64. Faites cet exercice en dehors des heures de cours.

Vous trouverez aux pages 66 et 67 de votre guide une comparaison entre un couple stéréoscopique de photographies aériennes et une carte topographies à l'aide du stéréoscope, mais vous devez répondre aux questions qui suivent dans vos temps libre, après le cours. Vous pouvez aussi y répondre en vous servant seulement de la carte en courbes (p. 67).

4. Exercice avec une carte topographique

Voici un exercice avec notes explicatives qui est donné en introduction dans les cours de géologie à UNB. Vous trouverez les instructions sur la manière de dessiner un profil topographique dans votre guide (p. 68). Lisez les notes et faites l'exercice.

Echelle

Les dimensions de distance sur une carte sont proportionnelles aux distances à la surface du globe illustrée sur la carte et c'est le rapport entre les deux qui détermine l'échelle utilisée sur la carte. Une carte à grande échelle couvre une étendue plus

restreinte, mais elle indique un plus grand nombre de détails qu'une carte à petite échelle. L'échelle est souvent exprimée par un rapport, qu'on appelle l'échelle graphique: par exemple, 1:63360 signifie qu'un pouce sur la carte est équivalent à 63360 pouces (un mille) sur le terrain. Sur les cartes du Canada, le rapport est habituellement de 1:50000. Le rapport peut être converti directement en verges, pieds, mètres ou n'importe quelle unité de mesure. L'échelle peut être exprimée par des mots (un pouce représente un mille) ou par une échelle linéaire sur la carte. Etant donné que la surface du globe n'est pas plate, mais qu'elle est plutôt de forme sphérique, sa reproduction sur une surface plane produit une distorsion de sa forme et de sa dimension dans son ensemble, à l'exception des petites superficies, et la projection est une opération géométrique qui permet de réduire cette distorsion au minimum.

Latitude et longitude

Il existe un système de coordonnées internationales basé sur la latitude et la longitude. Les parallèles marquant la latitude sont indiquées par des cercles tracés autour du globe parallèlement à l'équateur. Les parallèles qui sont situés au nord de l'équateur correspondent aux latitudes Nord, dans l'hémisphère Nord, et ceux qui sont situés au sud de l'équateur sont les latitudes Sud, dans l'hémisphère Sud. L'équateur correspond à la latitude zéro. Entre l'équateur et un pôle, il y a 90 degrés de latitude. L'angle de latitude peut être mesuré de l'équateur au centre de la terre et de là jusqu'au point à la surface du globe dont on désire connaître la latitude. Les mesures de latitude sont obtenues à partir des mesures radiales et exprimées en degrés, minutes et secondes.

Les méridiens de longitude sont de grands cercles tracés autour du globe en passant par les pôles. Le méridien origine ou premier méridien de degré zéro de longitude est tracé à partir d'un observatoire situé à Greenwich, près de Londres. Le premier méridien divise le globe en deux moitiés, l'hémisphère Est et l'hémisphère Ouest. Les angles de longitude sont mesurés à 180° à l'ouest du méridien de Greenwich.

Sur la plupart des cartes, les limites est et ouest correspondent aux méridiens. La longitude est inscrite au sommet et au bas de la carte en degrés (°) et en secondes ("). Les limites au sommet et au bas de la carte sont les lignes de latitude.

On peut diviser l'étude des cartes topographiques en deux parties:

1) La lecture elle-même des cartes afin de déterminer une position, un relief, des pentes, un gradient, des cours d'eau, etc.
2) Une interprétation des formes à la surface, vues d'en haut, en cherchant à reconnaître les masses de roches sous-jacentes et la nature ainsi que la succession des processus géologiques, particulièrement ceux qui ont trait à l'érosion du sol et la sédimentation, auxquels la région a été soumise.

Il faut maîtriser complètement la lecture de cartes avant de pouvoir s'essayer à l'interprétation.

On peut diviser les caractéristiques que fournissent la plupart des cartes en 3 catégories:

1) le relief - habituellement indiqué par les courbes de niveau
2) l'eau - habituellement indiquée en bleu
3) l'aspect culturel - les structures établies par l'homme

Il est particulièrement important d'être capable de visualiser les caractèristiques relatives au relief puisqu'elles fournissent de nombreux renseignemenents géologiques. Quoique le relief soit normalement indiqué par des courbes de niveau, diverses techniques de hachures, d'estompage et de coloration sont occasionnellement utilisées, mais elles n'ont pas la même précision quantitative que les courbes de niveau. La cote altimétrique donne des renseignements additionnels.

Courbes

Les courbes sont les lignes tracées sur une carte topographique pour relier les points d'égale altitude. C'est habituellement le niveau moyen de la mer qui est utilisé comme plan de référence.

L'équidistance des courbes est la différence d'altitude (distance verticale) entre des courbes contigues. La distance horizontale entre les courbes porte le nom d'intervalle. La pente du terrain est accentuée lorsque les courbes sont rapprochées et douce lorsqu'elles sont très éloignées. Des courbes surimposées indiquent un escarpement vertical. Les dépressions sont indiquées par des courbes de niveau hachurées. Voici les relations topographiques qu'on utilise habituellement "d'une façon empirique" pour dresser et lire les cartes topographiques:

i. Les courbes de niveau sont en "V" ou en "U" en amont.

ii. Les courbes de niveau ne se croisent jamais.

iii. Plus les courbes sont rapprochées et plus la pente est accentuée.

Toutes les cartes doivent comprendre: une échelle; l'indication du Nord; un titre; une légende ou liste des conventions et la date.

On ne peut vraiment apprécier les détails de relief à moins de connaître aussi bien l'échelle que l'équidistance des courbes.

FEUILLE DE FREDERICTON

1. Qu'elle est l'échelle? l'équidistance des courbes? la longitude et la latitude du campus de l'UNB? l'angle de déclinaison actuel de l'UNB?

2. Notez la liste des signes conventionnels qui se trouvent sur la partie est de la carte. Trouvez un exemple de chacun. Combien "récentes" sont les données?

3. Quelle est la direction (azimut) de la frontière entre les comtés de York et de Sunbury?

4. Quel est le point le plus élevé sur la carte? le plus bas?

5. Quel est le gradient moyen en pieds/milles du ruisseau Campbell (N.E. 9e*) à partir du point où il se jette dans la rivière Nashwaak?

*N.E. 9e renvoie à une convention normalement utilisée pour diviser une carte en 9 parties plus ou moins égales, 3 à l'horizontale et 3 à la verticale, identifiées N, NE, E, SE, S, SO, O, NO et C (centrale).

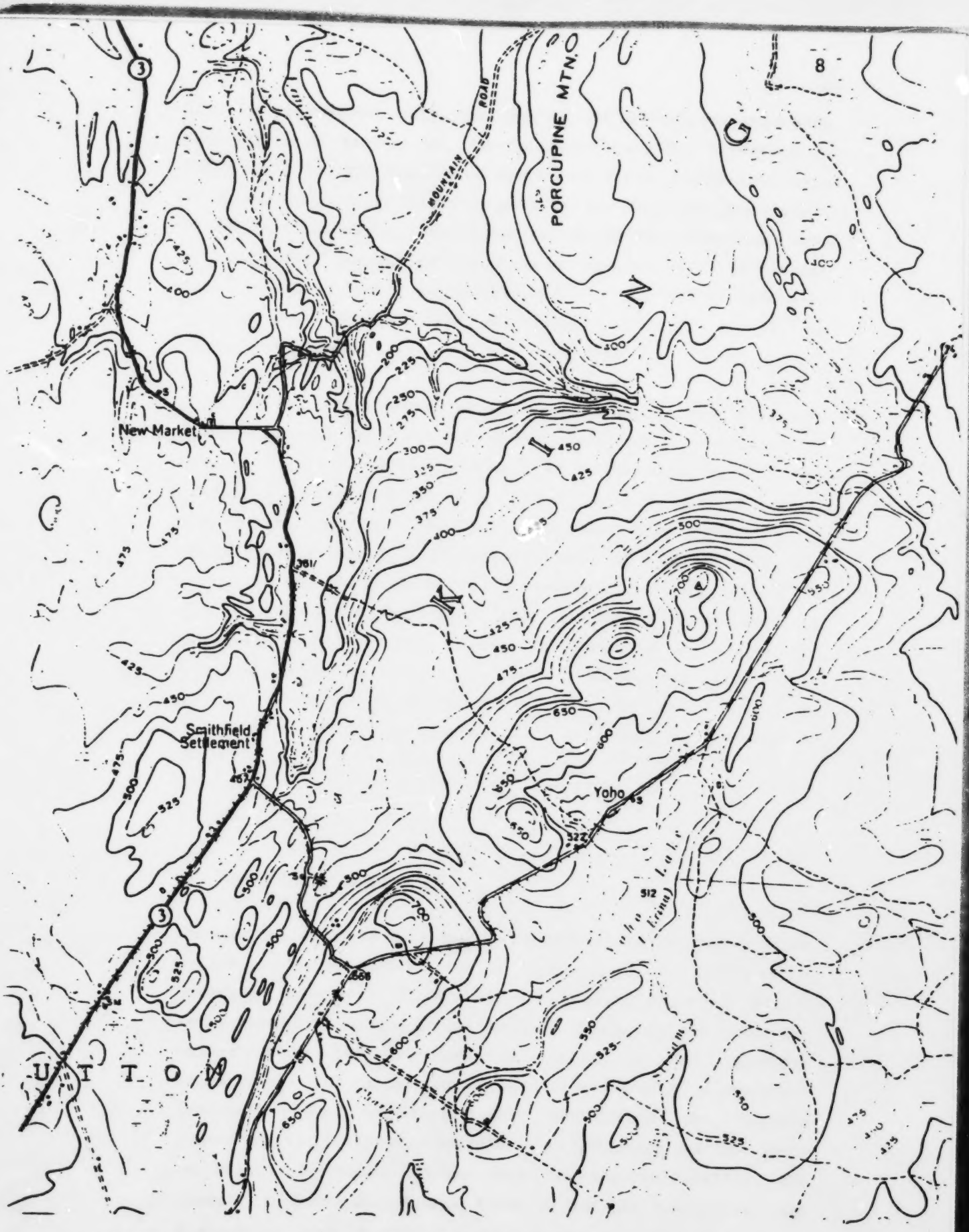


Figure 3.2.1. Partie de la Feuille de Fredericton. Echelle: 1:50000

6. Tracez un profil topographique entre New Market et Yoho. (Vous trouverez à la page suivante, fig. 3.2.1 à la page 8, une photocopie de cette partie de la feuille de Fredericton qui vous permettra de faire cette partie de l'exercice chez vous.)

C. PROCESSUS DE SURFACE

1. Introduction

Quoique l'exploration minière fasse aujourd'hui appel à certaines méthodes, géophysiques par exemple, qui permettent d'identifier les caractéristiques souterraines à un niveau peu profond, la prospection reste encore une activité de surface. Même lorsque des méthodes souterraines sont employées, une bonne connaissance des matières et des processus de surface est essentielle pour en faire l'interprétation.

Certains minerais se développent entièrement sous l'effet des processus de surface; par exemple, l'or alluvionnaire. Les gisements de combustibles minéraux, comme le charbon, se sont formés à la surface, ont été enfouis, puis sont revenus à leur position actuelle. Bien d'autes types de gisements sont cachés à l'observation directe par une couche relativement fine de matières de surface. La plupart des minéraux métalliques, qui se sont formés sous la surface, réagissent au contact des agents de surface suivant: l'eau, l'air, la végétation, etc., et changent sous leur influence; la méthode de prospection géophysique est évidemment reliée à cette interaction.

Dans le résumé qui suit, on décrira les principaux processus géologiques de surface et, dans certains cas, des exercices de laboratoire fournis dans votre guide vous seront recommandés afin de vous permettre de mieux comprendre ces facteurs importants. Autant que possible, des exemples du Nouveau-Brunswick vous seront donnés. Les gîtes métallifères qui peuvent se développer sous l'effet de chacun des processus de surface seront notés avec une mention particulière de ceux qui sont connus au Nouveau-Brunswick.

Vous devriez vous reporter encore une fois au cycle de formation des roches et à la partie qui va de: "altération" à "sédiments" (figure 3.2.2, p. 10a). Il s'agit de la partie du cycle qui se produit à la surface et qu'on connaît sous le nom de "cycle (secondaire) exogène" (de "exo", qui veut dire extérieur, et "Gène", qui a rapport à l'origine); soit, en d'autres mots, les processus qui se produisent à l'extérieur ou à la surface du globe. Les forces nécessaires pour actionner le "mécanisme" du changement que représente le cycle de formation des roches sont principalement: la chaleur provenant de l'intérieur du globe, la chaleur du soleil et la gravité. A la surface du globe, le soleil et la gravité se combinent pour actionner les processus de de surface.

2. Volcanisme

a. Renseignements généraux

On peut contester le fait que le volcanisme, ou le processus par lequel les roches volcaniques se développent, soit vraiment un processus de surface, étant donné que ce mécanisme a une origine souterraine. Toutefois, les volcans démontrent le lien qui existe entre les processus de surface et les processus souterrains. Certains volcans actifs ou récents représentent également des caractéristiques géologiques de surface spectaculaires à certains endroits. La publicité qui est faite au sujet des volcans situés dans les régions habitées, par exemple le mont St. Helens (dans l'Etat de Washington, aux Etats-Unis) peut donner l'impression que les volcans sont un phénomène rare, autant dans le temps que dans l'espace. Une

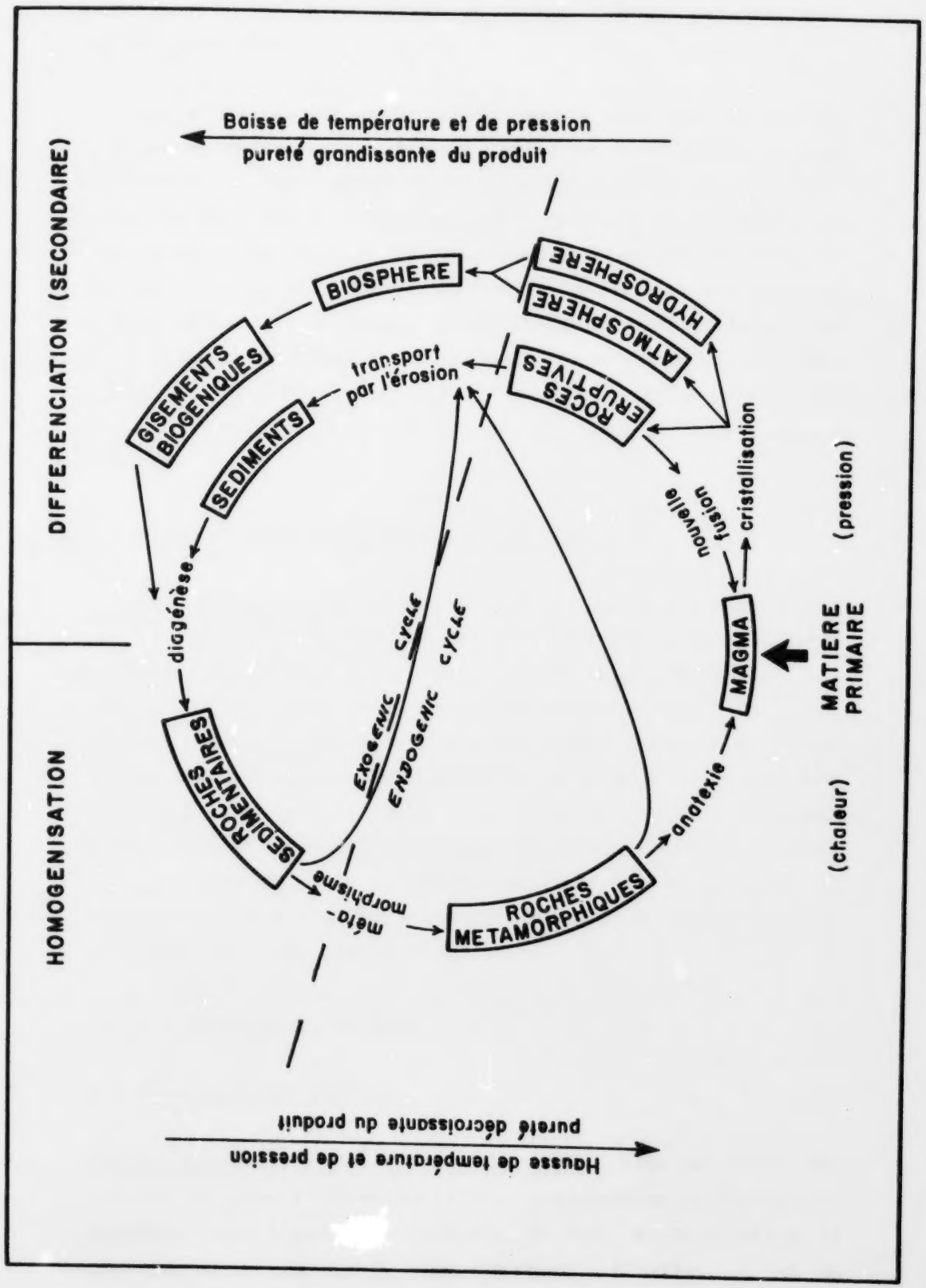


FIGURE 3.2.2. - Cycle de la formation des roches

telle impression serait compréhensible au Nouveau-Brunswick et, bien sûr, dans la plupart des parties du Monde où il n'y a actuellement de volcans actifs. D'autre part, il y a des parties ou zones bien définies de l'écorce terrestre où les gens vivent à proximité de volcans continuellement ou occasionnellement en éruption, qu'ils peuvent facilement apercevoir de chez eux.

Les volcans et leurs produits sont bien décrits dans l'ouvrage n° 6 (Holmes, 1978, Principles of Physical Geology), chapitre 12, p. 188, et dans l'ouvrage n° 10 Plummer and McGeary, 1979, Physical Geology), chapitre 3, p. 40.

Une discussion détaillée des types de volcans et de la variété des gisements qui en proviennent et qu'on retrouve à la surface de la terre excéderait le cadre du présent cours. (Le chapite 3 de votre guide de laboratoire porte sur les roches éruptives en général. Les roches volcaniques font partie de cette importante catégorie de roches et on y décrit leurs textures et leurs compositions particulières, en plus de les illustrer.)

b. Nouveau-Brunswick

Vous trouverez une illustration de la répartition des volcans dans la figure 3.2.3, p. 14. Vous remarquerez que les volcans actifs sont associés aux "ceintures" de montagnes très récentes (du point de vue géologique). Vous remarquerez également qu'on ne retrouve aucune ceinture de montagnes récentes ou de volcans actifs semblables dans l'Est de l'Amérique du Nord. Ceci explique que les Néo-brunswickois aient peu d'expérience avec le phénomène des volcans. Toutefois, il est important de savoir que l'écorce terrestre à la surface du globe est dans un état de perpétuel changement (même si ce changement est lent selon le temps humain). L'histoire géologique de notre coin du globe révèle que le Nouveau-Brunswick et l'Est de l'Amérique du Nord ont déjà connu deux fois le processus complexe de la formation des montagnes et des volcans semblable à ce qui est maintenant caractéristique des chaînes de montagnes majestueuses et "actives" de la côte ouest de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud. Au cours de ces anciennes périodes de volcanisme, le Nouveau-Brunswick était jalonné de volcans actifs

qui émettaient d'énormes quantités de laves et de cendres volcaniques. Une bonne partie de roches volcaniques anciennes ont été préservées.

Les roches volcaniques du Nouveau-Brunswick sont pour la plupart vieilles et déformées. Cependant, elles ne ressemblent pas aux matières volcaniques qu'on décrit dans votre guide sous le titre "Volcanic Land Forms" (chapitre 12). A titre d'exception, on peut trouver du basalte comparativement plus récent (environ 200 000 000 ans) sur l'Île Grand Manan et à certains endroits sur la côte de la baie de Fundy, particulièrement dans la partie sud de la baie, entre Digby et Minas Basin, en Nouvelle-Ecosse. Les régions d'affleurements de roches volcaniques au Nouveau-Brunswick sont illustrées sur la carte géologique de la province.

c. Roches et minerais d'origine volcanique

La carte géologique de la partie nord-est de la province montre des étendues de roches volcaniques plus anciennes auxquelles sont associés les minerais de Pb-Zn de Bathurst-Newcastle. La minéralisation complexe étain-tungstène-molybdène du mont Plaisant, dans le comté de Charlotte semble provenir de roches volcaniques qui se sont développées de la manière illustrée dans la figure 3.2.4, p. 14. (L'emplacement de ces étendues vous sera indiqué par l'instructeur. L'étude des cartes qui sont fournies dans le cadre du cours permettra aux étudiants de découvrir au Nouveau-Brunswick d'autres gisements de minéraux métalliques qui sont associés à des roches volcaniques.)

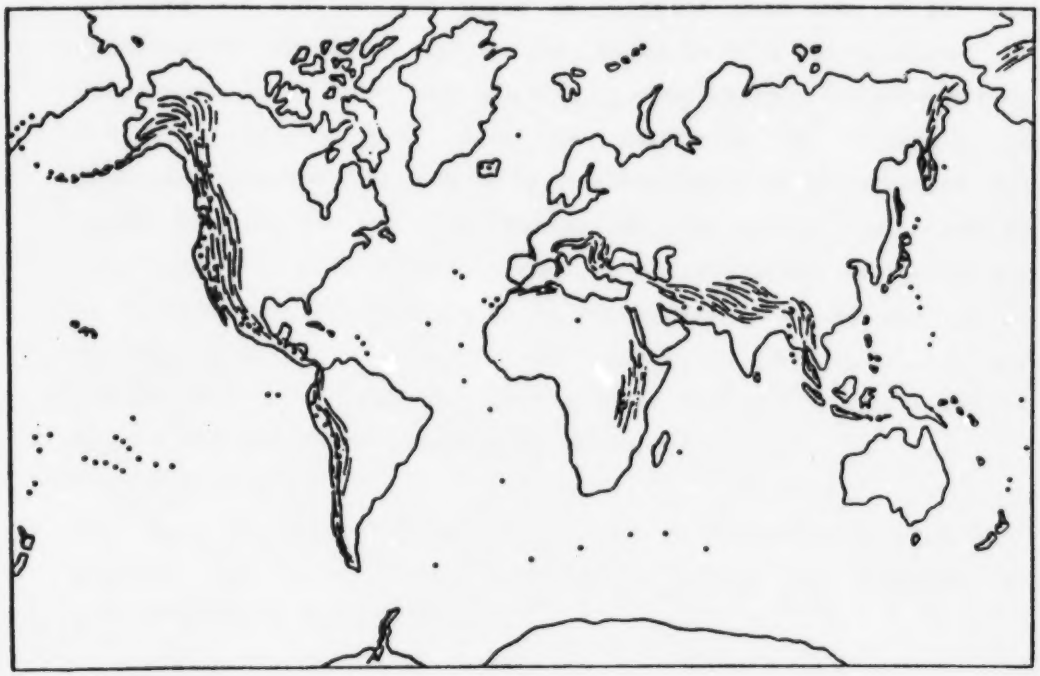
3. L'altération et les sols

a. Renseignements généraux

Toutes les roches s'altèrent avec le temps. Même les roches qui donnent le plus l'impression d'être inaltérables finissent par succomber sous l'action de la pluie, du vent, de la glace, de la gravité, et autres agents atmosphériques. L'altération est un processus variable et complexe, généralement lent. Une visite dans un cimetière pour examiner les inscriptions sur les

monuments pourrait démontrer deux choses au sujet des roches: a) elles s'altèrent (dans une période de temps assez courte du point de vue géologique), et b) différents types de roches ont un taux d'altération différent. Les inscriptions sur les monuments en pierre calcaire (les plus communes et les plus faciles à obtenir localement pour les premiers pionniers) sont beaucoup plus "effacées" que celles qui ont été faites sur le granite à la même époque ou à peu près.

De façon générale, l'altération est un processus de transformation des roches dures et solides en matières moins résistantes qui s'effritent et sont facilement transportées par les eaux de ruissellement, le vent, la glace en mouvement, etc. Ce processus commence à se produire dès qu'une roche est exposée à la surface, à quelque endroit que ce soit, et il se poursuit, sans aucune interruption, jusqu'à ce que toute la partie exposée de la roche soit désagrégée et transportée bien au loin dans la mer.



...Volcans actifs Montagnes du Cénozoique

FIGURE 3.2.3 - Répartition des volcans actifs sur le Globe
Source: Gilluly, Waters & Woodford, 1975, Principles of Geology, 4e édition, W. H. Freeman & Co., San Francisco.

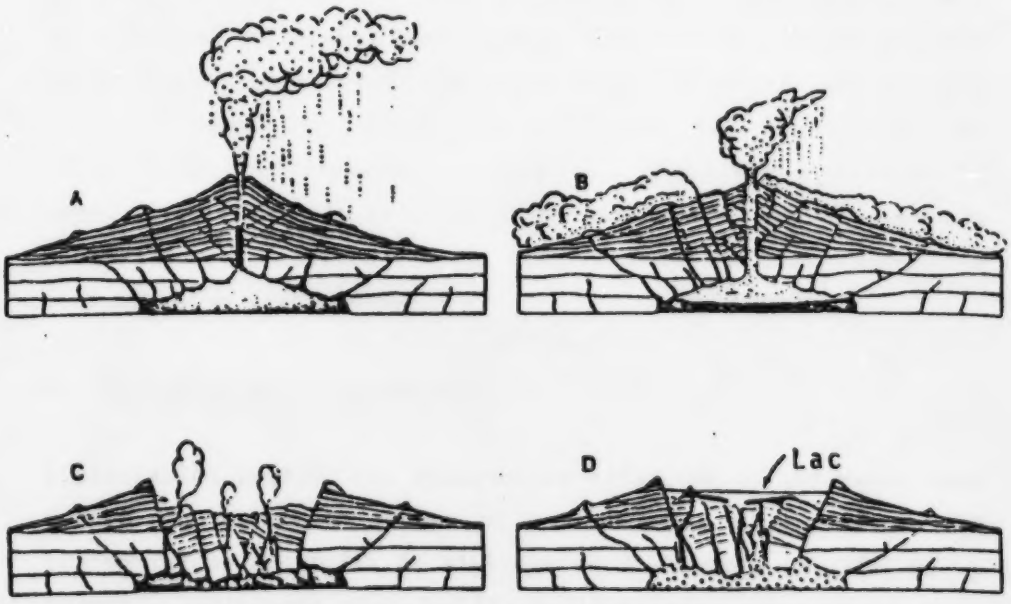


FIGURE 3.2.4. Evolution de la caldeira volcanique.
Source: même que 3.2.3.

Vous trouverez plus de renseignements sur les sols et leur formation dans les ouvrages 6 et 10. Vous trouverez aussi une classification des types de sols dans l'ouvrage n° 6 (Holmes, 1978, Principles of Physical Geology, p. 259).

b. Canada et Nouveau-Brunswick

L'altération, ou l'action des "agents" de surface sur les roches, est reliée à une variété de facteurs: le climat, la topographie, les caractéristiques des roches, le temps, la végétation, l'homme, etc. L'altération des roches dans l'Arctique, ou sur les sommets élevés, se produit à un taux différent et a des effets différents que ce qui se produit dans les étendues plutôt plates des régions humides des tropiques. Au Nouveau-Brunswick, le processus d'altération se situe à peu près entre ces deux extrêmes. Il est important de réaliser, toutefois, que la topographie et le climat changent au cours des périodes géologiques et que le Nouveau-Brunswick a déjà eu des montagnes très élevées et un climat tropical à différentes périodes de son passé géologique. Le produit fini de l'altération (avant le transport) est le sol (fig. 3.2.5, p. 17a). Dans des conditions stables pendant de longues périodes de temps, il serait le reflet fidèle du climat et de la roche originelle dont l'interaction a contribué à le former. Au Nouveau-Brunswick toutefois, nous avons connu d'autres complications dans une période géologique assez récente (il y a environ 10 000 à 20 000 ans). Le sol résiduel est ce qui reste en place pendant des milliers d'années. Dans une grande partie du Canada, notamment dans une partie du Nouveau-Brunswick, les glaciers, comme d'énormes bulldozers, ont érodé et transporté ce sol résiduel plus ancien à de nouveaux endroits et ont laissé à leur place, pendant leur période de fonte, les débris qui étaient transportés dans la glace. Ce sont ces débris de sol, transportés par la glace, qui recouvrent maintenant la plus grande partie du Nouveau-Brunswick (fig. 3.2.6, p. 17b).

L'influence de la glaciation sur la répartition et les types de sols au Canada est expliquée dans l'ouvrage n° 4 (Douglas, 1972, Géologie et ressources minérales du Canada), où l'un des éléments les plus intéressants est la carte de la glaciation au Canada qui illustre les caractéristiques glaciaires dans l'ensemble du pays.

L'altération est un processus de surface complexe, à la fois chimique et physique, qu'il est impossible à ce stade-ci de comprendre dans tous ses détails. Toutefois, le prospecteur devrait réaliser que, dans sa recherche de minerais au Nouveau-Brunswick, il, ou elle, rencontrera principalement des types de sols qui ont été transportés; en effet, ces types de sols sont bien plus fréquents que les affleurements de roches sur le terrain qui fait l'objet de sa recherche. Bien des parties du Nouveau-Brunswick sont entièrement couvertes par le sol et, par conséquent, le prospecteur qui travaille dans cette région ferait bien d'étudier cette question de plus près.

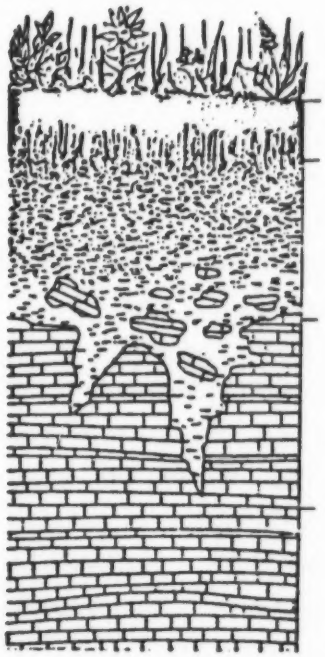
Les types de sols et leur répartition au Nouveau-Brunswick sont décrits et illustrés dans diverses cartes et rapports du ministère de l'Agriculture.

Plusieurs études des dépôts glaciaires au Nouveau-Brunswick ont été réalisées par la Commission géologique du Canada et il est possible d'obtenir les résultats de ces études, sous la forme de rapports (accompagnés de cartes), auprès du ministère des Ressources naturelles (Direction des ressources minières), à Fredericton. Des études sur l'utilisation possible des "ressources granulaires" dans le secteur de la construction sont actuellement effectuées par la Direction des ressources minières du ministère provincial des Ressources naturelles et de tels rapports pourraient être précieux pour le prospecteur qui consacrerait suffisamment de temps et d'efforts à étudier le moyen de se servir de ce genre de renseignements qui, quoique pas nécessairement destinés à cette fin, sont reliés à la prospection dans son sens traditionnel.

c. <u>L'altération et les minerais</u>

L'altération produit des changements chimiques et physiques dans toutes les sortes de roches et ce processus peut produire une concentration naturelle de minéraux ou d'éléments métalliques en quantité suffisante pour justifier l'extraction du minerai d'une roche où les minéraux/éléments métalliques étaient originellement répartis d'une façon trop dispersée.

SOL RESIDUEL



Végétation

Horizon A
Zone de filtration

Horizon B
Zone d'accumulation

Horizon C
Matiéres primaires
partiellement
décomposées

Roche mére
non altérée

FIGURE 3.2.5. - Profil général
du sol résiduel

Source: Leet, Judson & Kaufman,
1978, Physical Geology, 5e
édition, Prentice Hall, Inc., N.J.

SOL RESIDUEL

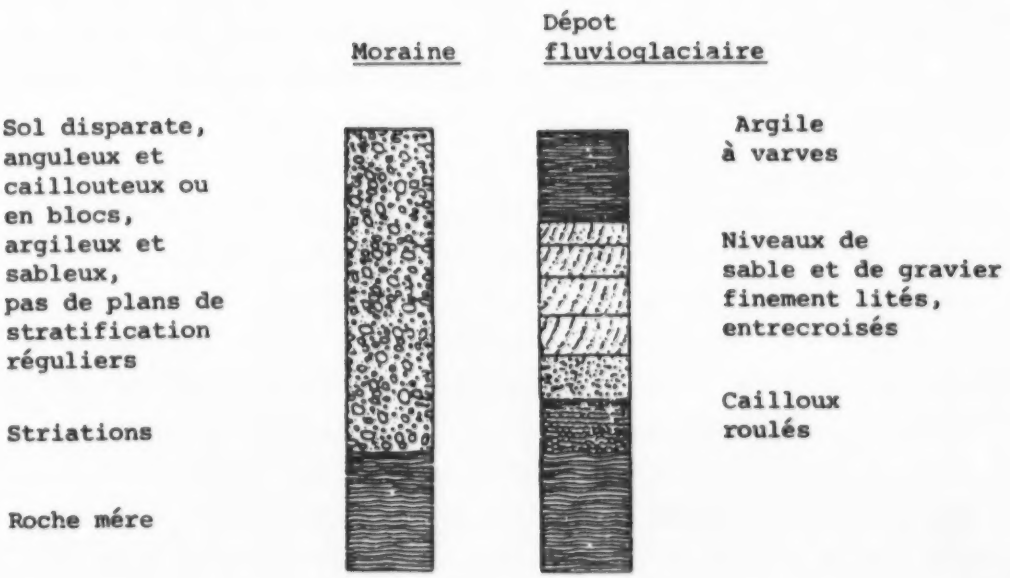


Figure 3.2.6 - Sols transportés

Source: Press & Siever, 1978,
W.H. Freeman & Co., San Francisco.

Dans certains cas, les constituants de minéraux de valeur résistent bien mieux à l'action de l'altération que les minéraux moins précieux avec lesquels ils peuvent être associés. Ceci peut résulter en un processus de séparation par lequel les matériaux de valeur restent sur place et les substances moins précieuses sont emportées (transportées) ailleurs. On appelle ce type de concentrations naturelles des gîtes résiduels. En d'autres cas, la réaction différente des minéraux aux processus d'altération et de transport peut résulter en un triage loin de leur emplacement originel qui produira des gisements alluvionnaires.

Vous trouverez d'autres exemples de minerais produits par des processus de surface dans l'ouvrage n° 9 (Peters, 1978, Exploration and Mining Geology, p. 85).

Au Nouveau-Brunswick, les glaciers ont généralement transporté ou redistribué les sols et les formations superficielles, géologiquement anciens, qui pouvaient contenir des concentrations de minerais. On connaît toutefois quelques exceptions. La concentration préférentielle de minéraux d'argent recouvrant le gîte métallifère de Heath Steel, près de Newcastle, semble provenir de sols et de sables anciens qui ont été produits par le processus d'altération. La concentration naturelle formée par l'action des vagues près de l'île Taylor, près de Saint-Jean, a résulté en un minerai à basse teneur en or qu'on peut y trouver.

De façon générale, l'histoire géologique du Nouveau-Brunswick, particulièrement en ce qui concerne la redistribution glaciaire des anciens sols, a beaucoup moins favorisé la formation des gîtes minéraux qui sont produits par les longs porcessus d'altération profonde que l'on retrouve dans les régions qui ont connu des climats tropicaux pendant une période de temps comparable.

4. Le cycle de l'eau et les eaux souterraines

a. Renseignements généraux

On ne peut parler du phénomène de l'altération sans mentionner le cycle hydrologique et les eaux souterraines. Le processus d'altération dépend en effet des eaux de surface et des eaux souterraines qui, à leur tour, dépendent du climat, de la topographie et des caractéristiques des roches crustales.

Le cycle hydrologique est illustré d'une manière schématique dans la figure 3.2.7, (p. 21). On y montre les grandes phases du cycle général des eaux de surface. La proportion des eaux qu'on retrouve aux diverses phases du cycle varie évidemment d'un endroit à l'autre sur la surface du globe.

Ce cycle est un phénomène naturel typique et n'est pas difficile à comprendre. Ce qui est plus difficile à percevoir est l'effet de ce cycle, d'une manière continue, sur la surface du sol. On peut en obtenir une idée en observant ce qui arrive au sol près d'un cours d'eau à l'occasion d'une pluie torrentielle. L'érosion des matériaux désagrégés qui sont emportés par le ruissellement pluvial vers un cours d'eau, puis dans la mer, pendant un orage doit être multipliée par des milliers d'orages semblables répétés pendant des milliers d'années pour donner une idée plus juste de l'importance du cycle de l'eau dans l'ensemble des processus de transformation de la surface de la terre. On peut également s'en faire une idée en observant la couleur des cours d'eau et des rivières se jetant dans les baies et les havres au cours d'une crue printannière.

L'action des eaux de surface ou de l'écoulement de surface est beaucoup plus évidente que celle des eaux qui pénètrent sous la surface. Les eaux souterraines font leur important travail de dissolution des roches et de transport des composantes minérales vers la mer d'une manière beaucoup plus lente et beaucoup moins manifeste. Leur influence dans le façonnage de la surface de la terre est néanmoins considérable.

Les eaux souterraines, en tant qu'"agent", font la plus grande partie de leur travail direct de lente altération des roches et, par conséquent, de modification de la surface de la terre dans un sens chimique, en dissolvant et en transportant dans un état de solution les matières crustales précédemment solides composant le sol. Cependant, elles servent également à modifier le paysage en lubrifiant tant les matériaux consolidés que les matières meubles, les rendant ainsi plus sensibles à l'influence de la gravité. On peut voir un exemple de ce rôle des eaux souterraines en observant les glissements et les éboulements de terrain qui se produisent dans les régions montagneuses et le long des rivières où des ravins se sont creusés sous les berges.

Comme on l'a noté, différentes roches réagissent aux processus de surface à une vitesse différente à cause de facteurs variés parmi lesquels on retrouve les caractéristiques des roches elles-mêmes. A titre d'exemple, on pourrait mentionner le calcaire et le gypse qui sont tous deux facilement dissous par les eaux souterraines. La tendance de ces roches à être modifiées de cette façon par les eaux souterraines est tellement générale et caractéristique qu'un nom spécial a été adopté pour désigner la topographie qui en résulte: "Karst". Ce type de topographie est caractérisé par des cavités de dissolution, des crevasses ou autres particularités qui résultent de la circulation facile des eaux souterraines dans ces roches et de leur faible résistance à la dissolution.

Vous trouverez plus de détails sur le cycle de l'eau et sur les eaux souterraines dans l'ouvrage n° 6 (Holmes, 1978, Principles of Physical Geology, p. 26 et p. 261) et dans l'ouvrage n° 10 (Plummer and McGeary, 1979, Physical Geology, chapitre 11, p. 193). Il y a également un exercice sur les eaux souterraines au chapitre 11, p. 90 de votre guide de laboratoire. Il vaut vraiment la peine d'étudier les photographies aériennes et les cartes topographiques des régions qui sont affectées par l'action des eaux souterraines. Vous pourrez examiner ces questions de plus près dans vos temps libres.

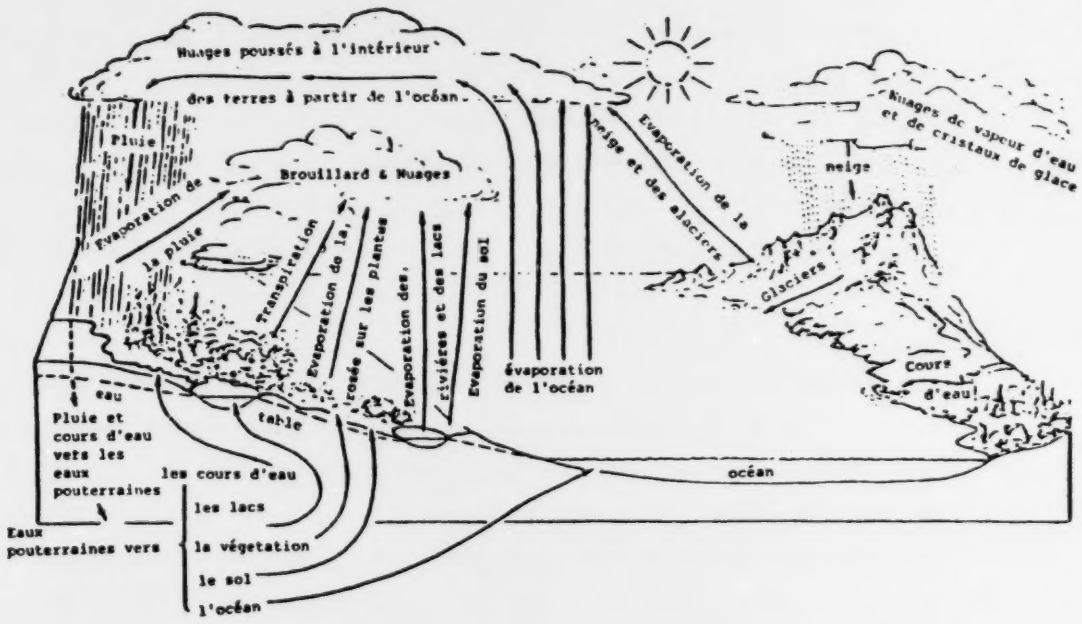


FIGURE 3.2.7.

Le cycle hydrologique (D'apès Principles of Geology (4e édition) de J. GiDuly, A. C. Waters, et A. O. Woodford, W. H. Freeman and Company. Copyright @ 1975.)

Fig. 3.2.7. - Le cycle hydrologique

b. Nouveau-Brunswick

Certaines régions du Sud-Est du Nouveau-Brunswick reposent sur des roches solubles qui ont été partiellement dissoutes par les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces régions, situées particulièrement dans le comté d'Albert, laissent voir des crevasses qui proviennent de la dissolution de la roche de gypse. Cette roche soluble ne forme pas une couche régulière, mais elle se présente en couches intercalées avec d'autres roches irrégulières de sorte que les caractéristiques de Karst ne se développent pas d'une manière suffisamment continue pour avoir un effet déterminant sur la topographie régionale.

Les gîtes minéraux qui se développent ou qui sont enrichis dans le milieu superficiel sont décrits dans l'ouvrage n° 9 (Peters, 1978, chapitre 3, p. 85). Les eaux souterraines jouent un rôle important dans leur développement. On a déjà mentionné la zone enrichie qui recouvre les gisements de Heath Steel à l'ouest de Newcastle (N.-B.). En général, toutefois, le climat local depuis la période glaciaire et la redistribution des sols les plus anciens pendant la glaciation ont réduit ici le temps nécessaire au développement des gîtes minéraux superficiels.

5. Erosion des matières altérées

a) Renseignements généraux

Les sections précédentes avaient trait de façon générale à la décomposition des roches à la surface ou près de la surface. On a également souligné la lente dissolution et le transport souterrain en quantités relativement petites, mais importantes, de matières diverses par les eaux souterraines.

L'altération, tant chimique que physique, des matières superficielles transforme des roches préalablement dures et solides en sols mous et non consolidées qui sont plus vulnérables aux forces toujours actives à la surface de la terre. Ces forces s'unissent pour façonner et refaçonner les formes (du relief topographique) qui constituent le paysage qui nous entoure. Elles ont tendance à éroder tous les massifs qui s'élèvent au-dessus du niveau de la mer et à former des accumulations par

un processus de sédimentation dans les régions de la surface de la terre qui sont situées en-dessous du niveau de la mer. Ces processus se poursuivent depuis que la terre est recouverte d'une croûte solide et de couches d'atmosphère, et ils se poursuivront. Comme on l'a déjà souligné, la vitesse du changement peut sembler lente lorsqu'on la mesure à l'échelle des intervalles de temps qui nous sont familières.

b. Mouvements (de masse) dus à la gravité

La gravité est l'une des forces toujours actives à la surface de la terre. En quelques mots, il s'agit simplement de cette force qui tend à entraîner toute chose vers le centre de la terre. Lorsque des roches sont ameublies et désagrégées sous l'effet de l'altération, et qu'elles perdent ainsi leur cohésion, la force de la gravité est suffisante pour les entraîner plus bas, soit plus près du centre de la terre.

La modification de la surface par le processus des mouvements dus à la gravité est plus commune et plus manifeste dans les régions où on trouve des pentes prononcées et des pluies torrentielles soudaines comme dans les régions tropicales montagneuses qui se caractérisent par des éboulements, des glissements ou des effondrements fréquents et, en certains cas, tout à fait inattendus. Ce type de mouvements est moins prononcé au Nouveau-Brunswick, à cause du climat et de la topographie qu'on y trouve, mais il se produit toutefois sur une échelle plus réduite le long des berges des rivières, du rivage de la mer et au niveau des déblais de route.

Les mouvements de masse des matériaux superficiels n'ont pas d'eux-mêmes un effet direct sur le développement des gîtes minéraux. La raison principale pour laquelle ils intéressent le prospecteur est qu'ils peuvent mettre au jour des indices de minéralisation jusqu'alors insoupçonnée.

Vous trouverez une description des processus de "destruction de masse" dans les ouvrages 10, p. 151, et 6, p. 307.

c. Cours d'eau, rivières et lacs

Les rivières, qui creusent des vallées dans des terrains élevés, sont de loin l'agent d'érosion le plus important et le plus régulier sur la surface du globe. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que le niveau des terres soit abaissé jusqu'au niveau de la mer. Les lacs ne sont à peu près rien d'autre que des interruptions (géologiques) temporaires du processus latéral d'écoulement des rivières qui consiste à éroder toutes les parties de la surface de la terre qui sont au-dessus du niveau de la mer. Les matériaux altérés qui sont transportés par les cours d'eau et les rivières constituent les sédiments qui sont déversés dans les océans du monde. Le transport de ces matériaux est le résultat de phénomènes mécaniques et chimiques et son action se termine finalement par la formation d'une variété de matériaux qu'on appelle des sédiments, lesquels sont consolidés par tassement et cimentation et deviennent des roches sédimentaires.

Le film que vous avez pu voir au cours précédent, "Les roches qui se forment à la surface", vous faisait voir en partie l'action des cours d'eau et des rivières dans la formation des roches sédimentaires.

Vous trouverez beaucoup de documentation sur l'action des rivières. L'ouvrage recommandé dans le cadre du présent programme est le n° 10, chapitre 10, p. 167, qui présente un résumé des caractéristiques importantes de ces agents superficiels. L'ouvrage n° 6, chapitres 17, 18 et 19, offre plus d'information relativement aux rivières, à leur rôle dans la tranformation du paysage et aux dépôts qui en résultent. Le chapitre 9 de votre guide de laboratoire porte sur les transformations du paysage sous l'effet du processus d'érosion continuelle des cours d'eau.

L'une des principales caractéristiques de l'action des fleuves dans d'autres parties du monde est la formation des deltas, qui sont de grands secteurs de dépôts, provenant de cours d'eau relativement chargés, qui dominent légèrement ou à peine le niveau de la mer et qui se prolongent dans la mer à l'embouchure des fleuves comme le Mississipi, le Nil, etc. Nous expliquerons

l'absence de cette forme d'accumulation à l'embouchure des fleuves du Nouveau-Brunswick dans la partie du présent cours où nous traiterons de certaines caractéristiques côtières: les courants, les marées et les vagues.

On trouve au Nouveau-Brunswick de bons exemples de l'action des cours d'eau, à partir des petits ruisseaux jusqu'aux fleuves ou rivières principales, tels que le fleuve Saint-Jean, la Kennebecasis, la Miramichi et bien d'autres. Ces rivières, et d'autes qui ont déjà existé, ont réduit les montagnes qui formaient les traits caractéristiques de cette région dans le passé. On peut se faire une idée du travail de nos rivières à partir de la constatation des sédiments qu'ils transportent dans nos ports qu'il faut draguer chaque année. L'observation des inondations locales nous donne également une indication de la force, et du travail, des cours d'eau et des rivières dans notre province.

Les rivières du Nouveau-Brunswick ont été utilisées par les prospecteurs principlaement comme un moyen d'accès aux diverses parties de la province. Les rivières représentent en effet un itinéraire idéal étant donné que les affleurements de roches mères sont particulièrement abondants sur leurs rives et que des affleurements peuvent apparaître ou se découvrir davantage après chaque nouvelle crue. Le lit des rivières du Nouveau-Brunswick a été altéré par les glaciers à une période géologique relativement récente et c'est pourquoi les gîtes minéraux surficiels qui ont pu exister où s'y être formés avant la période de glaciation se sont dispersés plus ou moins loin de leur point originel. Il est improbable que de nouveaux gisements alluvionnaires aient été formés par l'action des rivières depuis le dernier retrait de l'enveloppe de glace.

Dans d'autres coins du globe, on exploit certa'ns gîtes d'or, de platine, de diamants, de tungstène, de fer, de phosphate et de titane, présentement sous une forme alluvionnaire, et qui se sont développés à partir des dépôts des rivières, de la même manière que les gîtes qui se sont formés au Nouveau-Brunswick à diverses périodes de notre histoire géologique. C'est pourquoi, alors que les gîtes alluvionnaires récents du Nouveau-Brunswick ont pu être déformés ou détruits par les glaciers, il est

possible qu'il existe encore des gîtes anciens ou fossiles là où les sédiments appropriés d'anciennes rivières ont été préservés dans les couches stratigraphiques.

(Un examen de la carte topographique du sud du Nouveau-Brunswick révélera un certain nombre de caractéristiques intéressantes au sujet de notre principal fleuve. On peut relier ces éléments topographiques aux caractéristiques géologiques qu'on peut apercevoir sur la carte glaciaire et la carte géologique (de la roche mère de la même région).)

d. Glaciation

Comme pour bien des phénomènes et processus géologiques, la compréhension de leur manifestation dans un endroit précis et dans un laps de temps restreint n'offre aucune difficulté lorsqu'ils sont "actifs". Ce qui est difficile, c'est de percevoir cette "action" au-delà de notre champ d'observation habituel. Tel est le cas en ce qui concerne les glaciers. S'il est possible d'observer l'action des glaciers de type alpin des régions montagneuses élevées situées dans les diverses parties du monde, il est beaucoup plus difficile d'accepter le fait indéniable que, il y a environ 20 000 ans, les 2/3 de l'Amérique du Nord étaient couverts d'une épaisse couche de glace mouvante, comme on peut l'observer aujourd'hui dans l'Antarctique et au Groenland.

L'histoire de note pays et, bien sûr, bien des aspects de notre vie actuelle ont été profondément marqués par notre passé glaciaire. La forme et le cours de nos principaux fleuves et de nos principales rivières, qui ont influencé les premières explorations, dépendent en grande partie de l'action des glaciers. Nos milliers de lacs d'eau douce (la réserve la plus importante au monde) dans la zone du bouclier canadien se sont formés à même les bassins creusés dans la roche par les "couches" de glace ou encore il s'agit de rivières plus anciennes qui ont été barrées par des dépôts glaciaires. Nos sources peu coûteuses d'énergie hydroélectrique, nos fertiles prairies agricoles et la vaste toundra du bouclier canadien sont toutes le résultat de la glaciation continentale. Les prospecteurs s'intéresseront

particulièrement au fait que la rapide découverte d'une grande abondance de minéraux dans la zone du "bouclier" est due en grande partie aux glaciers qui ont enlevé une bonne partie de la couche du sol qui recouvrait cette vaste région et ont laissé à nu les roches ainsi exposées au regard et au pic du prospecteur.

La glaciation a joué un rôle tellement important dans la vie économique du Canada que notre pays est devenu l'un des pays les plus étudiés au monde, à ce point de vue. La Carte glaciaire du Canada vous indiquera l'importance et la complexité de l'activité glaciaire au Canada. Il est possible d'obtenir des études plus détaillées de ce phénomène dans la plupart des parties du Canada, y compris le Nouveau-Brunswick.

Vous trouverez plus d'information sur cet agent d'érosion important dans l'ouvrage n° 10 (chapitre 12, p. 211) et dans l'ouvrage n° 6 (chapitres 19 et 20, p. 360). Le phénomène de la glaciation est un sujet particulièrement intéressant pour les Canadiens.

Le guide de laboratoire contient des schémas, des photographies aériennes et de sections de cartes illustrant le phénomène des glaciers de type alpin (chapitre 14, p. 118) et de type continental au Canada et dans les parties voisines des Etats-Unis semblablement affectées (chapitre 15, p. 126). Etant donné que la région des Maritimes était en bordure de l'une des principales couches de glace, les caractéristiques que l'on peut voir dans les parties situées aux Etats-Unis sont semblables à celles qu'on trouve ici.

Le présent cours comprend la présentation d'une série de diapositives sur la glaciation continentale.

Au Nouveau-Brunswick, la glaciation continentale a été non moins importante que dans les autres régions du Canada. Nos principales vallées riveraines ont été creusées, élargies, façonnées en U et, dans le cas du fleuve Saint-Jean, obstruées par des débris glaciaires et détournées de leur cours originel. Le Nouveau-Brunswick était près de la bordure glaciaire pendant les nombreuses phases d'avancée et de retraite des couches de

glace. Par conséquent, nous retrouvons ici des traces de l'érosion glaciaire qui s'est produite pendant les phases d'avancée de la glace: des stries glaciaires, des vallées fluviales plus profondes et plus larges, et des affleurements de roches arrondies, polies, aux formes "allongées" parallèlement au mouvement de la glace. Les traces de dépôts glaciaires continentaux apparaissent en bien des endroits sous la forme de remblais, de blocs erratiques, de moraines et de drumlins. On trouve des traces de moraine de fond un peu partout au Nouveau-Brunswick et une bonne partie de ce qu'on appelle matériaux de "surcharge" ou de "transport" couvrant la surface de la province a été déposée par la couche de glace au moment de son dernier retrait. Il est possible d'obtenir divers rapports illustrant et décrivant ces caractéristiques auprès du ministère des Ressources naturelles, Direction des resssources minières (Gadd, M.R.N., 1973, Quaternary Geology of Southwest New Brunswick with Particular Reference to Fredericton Area, document 71-34, Commission géologique du Canada). On peut également noter que, lors du dernier retrait de la glace de l'époque glaciaire, l'eau de fonte a formé de grands lacs dans une grande partie du Nouveau-Brunswick. Les dépôts de ces lacs sont une caractéristique fondamentale commune aux principales parties de la province.

Les caractéristiques glaciaires ont une importance primordiale pour les prospecteurs du Nouveau-Brunswick, pour les deux raisons suivantes: 1) les dépôts glaciaires couvrent une bonne partie de la surface du Nouveau-Brunswick et "masquent" ainsi la minéralisation des minerais qu'il serait autrement possible d'observer directement. Ceci explique en partie la découverte tardive des gîtes de minéraux qui s'est produite ici comparativement aux parties du bouclier canadien qui se trouvent en Ontario et au Québec, où les découvertes en roches mères au cours des années 1920 et 1930 ont servi de fondement à l'industrie minière moderne au Canada: 2) un important gisement de Pb-Zn-Cu près de la rivière Tetagouche, dans le nord du Nouveau-Brunswick, a été localisé vers la fin des années 1930 en appliquant simplement la méthode qui consiste à retracer les blocs minéralisés, disséminés sur toute la surface couverte par les matériaux transportés par le glacier, jusqu'à leur source de développement. Cette méthode de prospection, consistant à

étudier la surface couverte par les matériaux de transport, a été perfectionnée en Scandinavie et au Canada. Le prospecteur du Nouveau-Brunswick ferait bien d'étudier le phénomène des processus glaciaires dans la province et il serait sage de ne pas seulement "survoler" les régions couvertes par des matériaux de transport.

Certains matériaux d'origine glaciaire sont utilisés dans le secteur de la construction, au Nouveau-Brunswick et ailleurs, pour les routes, le béton, les barrages constitués d'un remplissage de terre, etc... Les dépôts qui sont bien adaptés à cet usage ont certaines particularités précises et le prospecteur devrait retenir ces caractéristiques lorsqu'il traverse des régions couvertes de matériaux de transport.

L'action des glaciers ne contribue pas directement au développement de gîtes de minéraux métalliques. Leur apport important vient de leur capacité de "mettre à nu" certains affleurements pouvant contenir des produits de minéralisation visibles qui, autrement, auraient été recouverts. Ils agissent également en tant qu'agent important de dispersion mécanique, puisqu'ils peuvent répandre de petites quantités de minéraux métalliques "en aval" de leur source.

e. <u>Effets des courants, des marées et des vagues sur la côte</u>

Les eaux agitées du littoral de la baie de Fundy offrent un excellent exemple de l'action des courants, des marées et des vagues sur les masses de terre voisines. Le littoral mieux protégé du détroit de Northumberland et de la baie des Chaleur présente des caractéristiques topographiques manifestement différentes en raison des types de roches différents qu'on y trouve, mais aussi en raison des eaux moins agitées le long de ces côtes.

Bien que l'action des eaux côtières soit intense, elle se limite à une bande étroite parallèle au littoral. Les rivières tendent à réduire les masses de terre au niveau de la mer par leur double travail d'érosion verticale et latérale ainsi que par le transport des matériaux qui en proviennent vers les dépressions

océaniques situées sous le niveau de la mer. D'une manière analogue, les courants, les marées et les vagues tendent, dans une grande mesure, à éroder les sédiments terrestres latéralement le long du littoral, détruisant ainsi les caps ou les pointes et les îles côtières et déposant ces matériaux de transport dans les baies, à l'embouchure des rivières, dans les ports, etc. L'action des vagues se limite à une profondeur assez faible d'environ 100 pieds sous la surface de l'eau. Par conséquent, cet agent d'érosion côtière des plus impressionnant exerce son influence en bordure du littoral, sauf là où le fond de la mer est plat sur de longues distances à partir du rivage, comme le long du détroit de Northumberland. Les courants et les marées exercent une action plus subtile et, de façon générale, tous ces agents se manifestent le long du littoral plutôt que directement contre ce dernier. Lorsque l'action exercée par les eaux le long du rivage est intense, comme dans le cas de courants puissants, de marées hautes et de vagues violentes, les deltas, qui sont l'une des caractéristiques que l'on retrouve à l'embouchure des fleuves, ne peuvent subsister. Les sédiments qui formeraient habituellement un delta à l'embouchure du fleuve sont transportés le long du rivage et déposés dans les eaux plus calmes des baies et des bouches, contribuant ainsi à redresser la ligne du littoral. (Vous trouverez une carte illustrant le delta du fleuve Mississipi à la p. 113 de votre guide de laboratoire.)

Vous trouverez une étude des processus et des divers reliefs (topographiques) côtiers dans l'ouvrage n° 6 (Holmes, 1978), chapitre 23, p. 497. On traite aussi du sujet de la topographie et des sédiments du fond de l'océan au-delà de la zone côtière dans le même ouvrage, chapitre 24, p. 538. Pour étudier plus à fond les aspects plus poussés, plus scientifiques et plus hypothétiques de l'origine des océans et des continents, vous pourriez consulter l'ouvrage n° 6 (chapitres 25 à 29 inclusivement).

Un exposé plus simple et plus concis des caractéristiques côtières est présenté dans l'ouvrage n° 10 (Plummer and McGeary, 1979), chapitre 14, p. 249.

Votre guide de laboratoire vous offre une bonne série de cartes topographiques du trait de côte des Etats-Unis qui illustrent les processus qui en ont influencé la formation. Quoique les exemples qu'on y trouve illustrés et décrits représentent les Etats-Unis, les processus qu'on y explique sont les mêmes partout sur le globe et on peut trouver des caractéristiques semblables au Canada et, en partie, au Nouveau-Brunswick.

Les gîtes minéraux non-consolidés les mieux connus qu'on puisse trouver dans les régions côtières dans les diverses parties du monde sont les placers côtiers d'or, de platine, de chromite, de titane, d'éléments rares, de diamants et de fer. Ce type de gisements a eu bien des chances d'être déplacé et/ou transporté par la couche de glace. Toutefois, on a souligné la présence d'or dans les sables côtiers de l'île Taylor, à l'ouest de Saint-Jean. Il pourrait exister dans d'autres régions des gisements semblables qui ont été "protégés" de l'action des glaces. D'autres encore ont pu se former dans notre passé géologique et être préservés en raison de leur enfouissement dans des roches déformées plus anciennes. Comme dans le cas des dépôts riverains et glaciaires, les matériaux de construction et industriels (tels que le sable silicieux pur) sont triés, concentrés et purifiés par les processus agissant sur le littoral et le prospecteur devrait être "attentif" à des possibilités de ce genre particulièrement près des centres urbains.

Les milieux situés à proximité d'un rivage, près du niveau de la mer (tant dans un sens latéral que vertical), où le drainage est faible en raison du faible gradient des cours d'eau, sont reconnus pour être favorables à la constitution de tourbières. Les tourbières ne sont pas rares dans ce type de milieux un peu partout au Nouveau-Brunswick et elles se sont constituées dans des conditions semblables dans le passé avant d'être enfouies pour former du charbon, puis être soulevées de nouveau. Les conditions atmosphériques semblent avoir été différentes au début de la période de formation du charbon.

De la même façon, d'autres milieux également situés à proximité d'un rivage ont subi des conditions climatiques différentes de celles qu'on a connues ici au cours de la dernière période

géologique et semblent avoir été des régions de dépôt d'évaporites, de sel, de potasse, de gypse et autres composés chimiques relativement purs résultant de leur précipitation dans l'eau de mer "emprisonnée" dans des bassins restreints d'où l'eau s'est effectivement évaporée au cours des périodes de climat aride (désertique) prolongé.

f. Vent

Le vent agit continuellement comme un agent d'érosion, mais son efficacité individuelle pour réduire des roches solides en débris plus petits est beaucoup moins importante que celle des autres agents d'érosion dont on vient de parler. Le vent contenant de la poussière, du sable et de la cendre volcanique est un agent d'érosion qu'il faut reconnaître dans les régions désertiques où ces matières peuvent être facilement soulevées en raison de l'absence de végétation et d'eau, deux éléments qui ailleurs retiennent ces matières ensembles.

Etant donné que ces conditions désertiques n'existent pas au Nouveau-Brunswick et que le travail du vent en tant qu'agent d'érosion est plutôt faible ici, il n'est pas nécessaire de s'y attarder. Les lecteurs intéressés peuvent consulter l'ouvrage n° 6 (chapitre 22, p. 469) et l'ouvrage n° 10 (chapitre 13, p. 234). Les changements au niveau de la topographie dus à l'érosion dans les régions arides sont illustrés et décrits dans votre guide de laboratoire (chapitre 10, p. 84).

D. RESUME

Les processus géologiques de surface sont à l'origine de formes (paysages) et de produits (sédiments) distinctifs qui permettent d'interpréter l'histoire géologique récente d'une région avec une certaine assurance. (L'énoncé qu'on vient de faire exprime l'un des principes de base des sciences géologiques, soit celui de la doctrine de l'actualisme suivant laquelle, en mots très simples, "le présent est la clé du passé".) De façon générale, les indices, soit les formes et les produits, sont plus difficiles à distinguer à mesure qu'ils s'éloignent dans notre passé géologique et, en conséquence, notre assurance est réduite

d'autant.

L'étude des formes et de leur genèse appartient à la géomorphologie et ceux qui désirent approfondir ce sujet trouveront un exposé classique dans Lobeck, 1939, Geomorphology, McGraw-Hill, New York, N. Y. Pour un exposé plus récent sur ce sujet intéressant, on peut consulter Twidale, 1976, Analysis of Landforms, John Wiley & Sons, New York, N. Y.

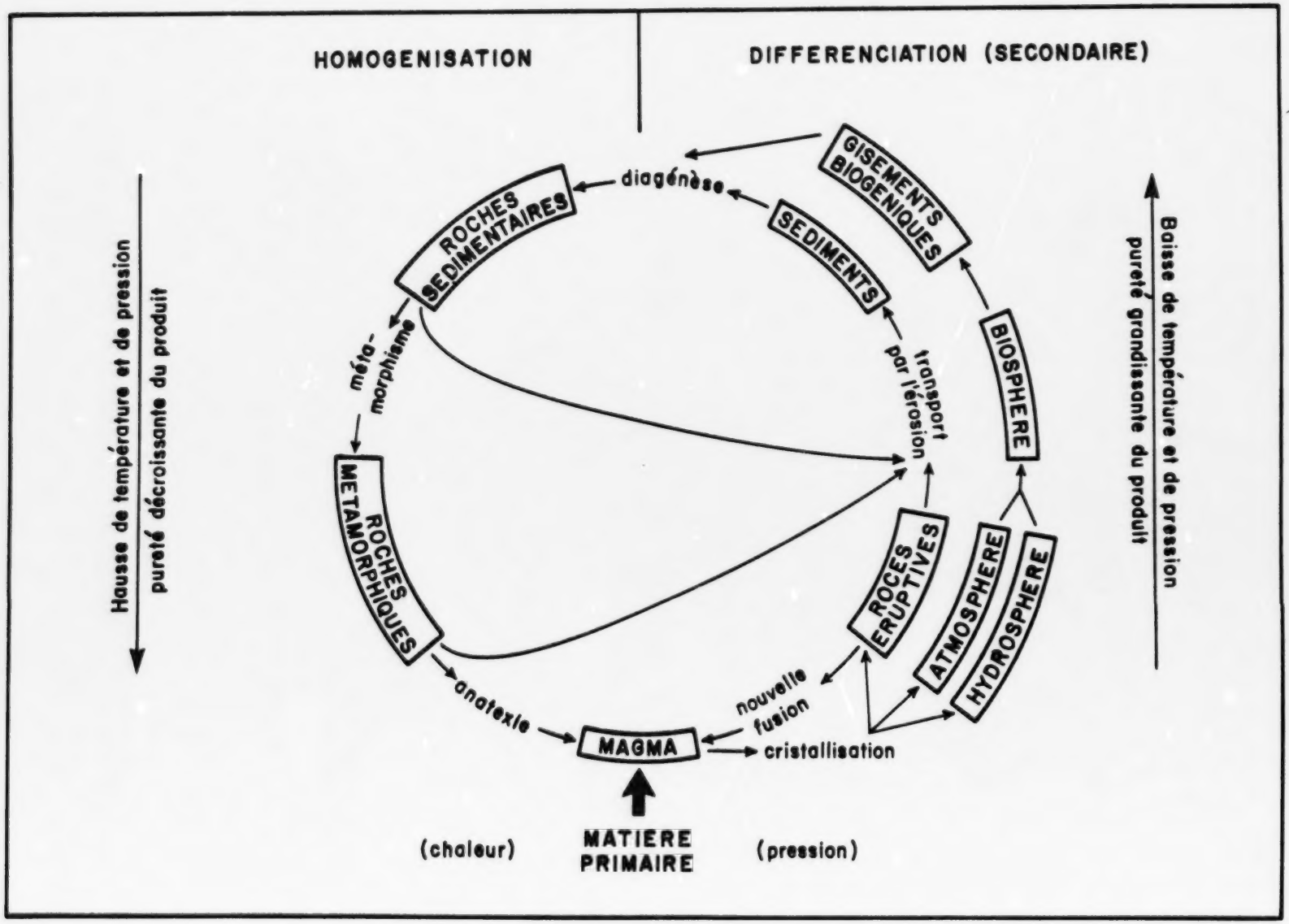
L'étude des produits, ou dépôts, des processus géologiques de surface est maintenant une branche séparée des sciences géologiques connue sous le nom des sédimentologie. Cette discipline s'est elle-même spécialisée (par suite du grand nombre d'informations recueillies par les chercheurs) et le sujet qui nous a principalement intéressés dans le cadre du présent cours concerne les sédiments récents ou, plus précisément, les processus qui les ont formés. Nous avons d'ailleurs restreint notre brève étude aux seuls sédiments récents que l'on trouve à la surface des continents ou dans leur voisinage immédiat. Nous avons négligé dans notre étude la question des sédiments récents dans les régions soi-disant côtières, un sujet d'une importance grandissante dans le domaine de l'exploration minière.

L'auteur des présentes notes, de même que votre instructeur, comprennent très bien que l'étudiant ne peut, dans le cadre d'un programme aussi condensé, s'attendre à comprendre ou vraiment apprécier toute l'information disponible sur les divers sujets que l'on a touchés. Toutefois, nous avons indiqué les ouvrages recommandés pour obtenir une connaissance élémentaire de ces divers sujets et ceux qui sont intéressés peuvent approfondir leurs connaissances à partir de ces sources et d'autres documents existants.

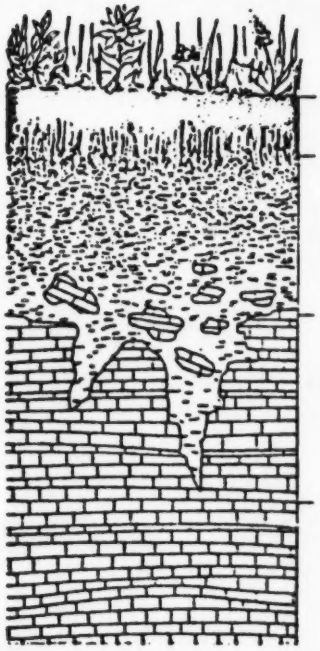
Le résumé qui suit, sous forme de tableau, pourra vous aider à vous faire une meilleure idée des processus de surface.

FIG. 3.2.8. TABLEAU SOMMAIRE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

	EROSION		TRANSPORT	DEPOT	
	Modes d'érosion	Caractéristiques de l'érosion	Mode	Cause du dépôt	Nature des sédiments
mouvement de masse	glissement éboulement ondulation déplacement effondrement	cicatrices d'éboulement affaissement superficiel	glissement éboulement ondulation effondrement écoulement plastique reptation	abaissement de la pente obstruction au mouvement perte d'eau	cônes d'éboulis couches d'éboulis glaciers de pierres coulées de boue felsenmeer
Eaux courantes	corrosion corrosion action de l'eau	vallées fluviales pédiments pénéplaines terrasses fluviales oueds (dans les déserts) cuvettes	suspension dissolution par sauts (bonds) ondulation poussée et traction	perte de vélocité abaissement de la pente perte de volume changement de cours blocage du courant	cônes alluvieux barres comblement du lit terrasses alluviales deltas levées sédiments de plaines inondables
Vent	déflation corrosion abrasion impact	sape les collines creuse la roche table, roches-champignons cailloux éolisés pavage désertique transport du gravier	par bonds suspension ondulation	perte de vélocité tassement des particules lourdes pluie	loess cendres et poussières volcaniques dunes (barkhanes, longitudinales, transversales, sifs, paraboliques)
Glaciation	déchaussement (enlèvement) abrasion	striations et cannelures drumlins surfaces polies formes de croissants vallées façonnées en U méandres émoussés vallées suspendues cirques fjords cofs arêtes cornes	suspension traction transport à la surface poussée	fonte de la glace fragmentation de la glace dans l'océan	moraines (latérales, terminales, de retrait, médianes, inférieures) remblais sinueux kames kame-terraces plaines alluviales pro-glaciaires argile de lac à varves blocs erratiques
Eaux souterraines	dissolution	cavernes fissures topographie karstique	à l'état de solution (même processus que les eaux de surface)	précipitation due à 1) l'évaporation 2) la perte d'acidité 3) aux réactions chimiques perte de vélocité	terraces formées par des sources stalactites et stalagmites cimentation des sédiments (remblaiement des vides) remblaiement des veines et des cavernes


HOMOGENISATION
DIFFERENCIATION (SECONDAIRE)
Hausse de température et de pression
pureté décroissante du produit
Baisse de température et de pression
pureté grandissante du produit
ROCHES SEDIMENTAIRES
diagénèse
SEDIMENTS
GISEMENTS BIOGENIQUES
méta-morphisme
transport par l'érosion
BIOSPHERE
ROCHES METAMORPHIQUES
ROCES ERUPTIVES
ATMOSPHERE
HYDROSPHERE
anatexie
nouvelle fusion
MAGMA
cristallisation
(chaleur)
MATIERE PRIMAIRE
(pression)

SOL RESIDUEL



Végétation

Horizon A
Zone de filtration

Horizon B
Zone d'accumulation

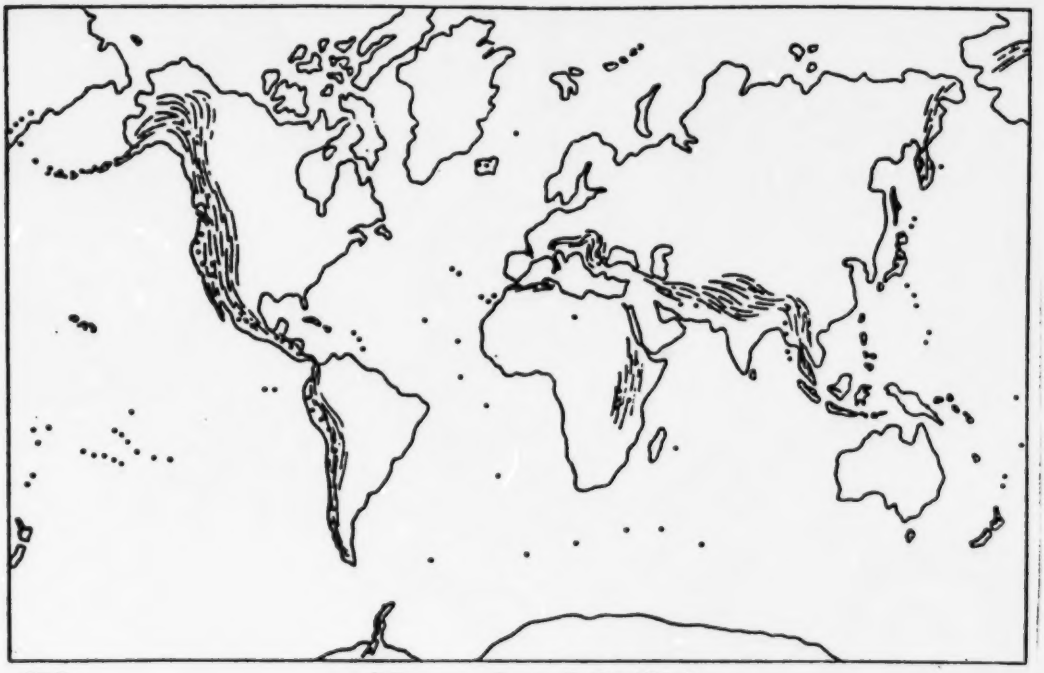
Horizon C
Matiéres primaires
partiellement
décomposées

Roche mére
non altérée

FIGURE 3.2.5. - Profil général
du sol résiduel

Source: Leet, Judson & Kaufman,
1978, Physical Geology, 5e
édition, Prentice Hall, Inc., N.J.

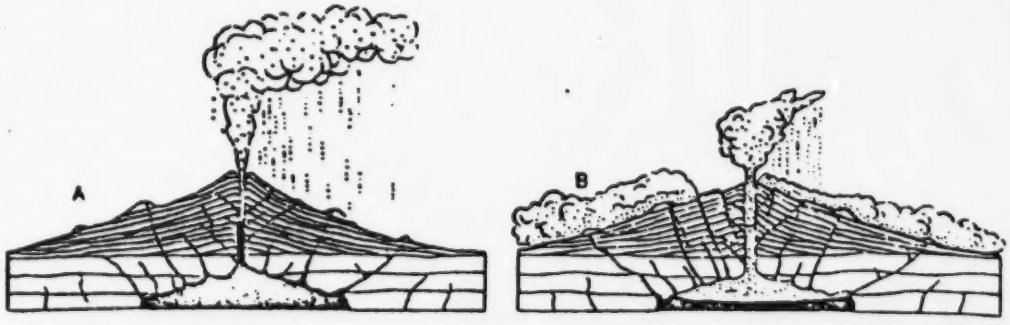
REPARTITION DES VOLCANS ACTIFS



...Volcans actifs Montagnes du Cénozoique

FIGURE 3.2.3 - Répartition des volcans actifs sur le Globe

Source: Gilluly, Waters & Woodford, 1975, Principles of Geology, 4e édition, W. H. Freeman & Co., San Francisco.



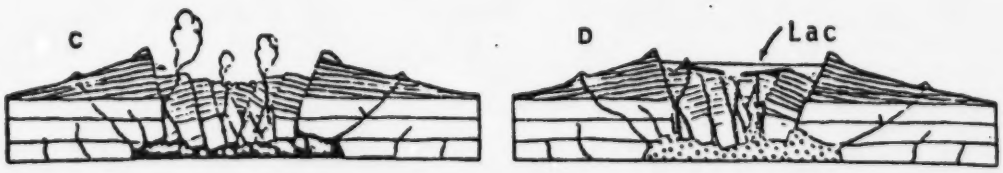


FIGURE 3.2.4. Evolution de la caldeira volcanique.

Source: même que 3.2.3.

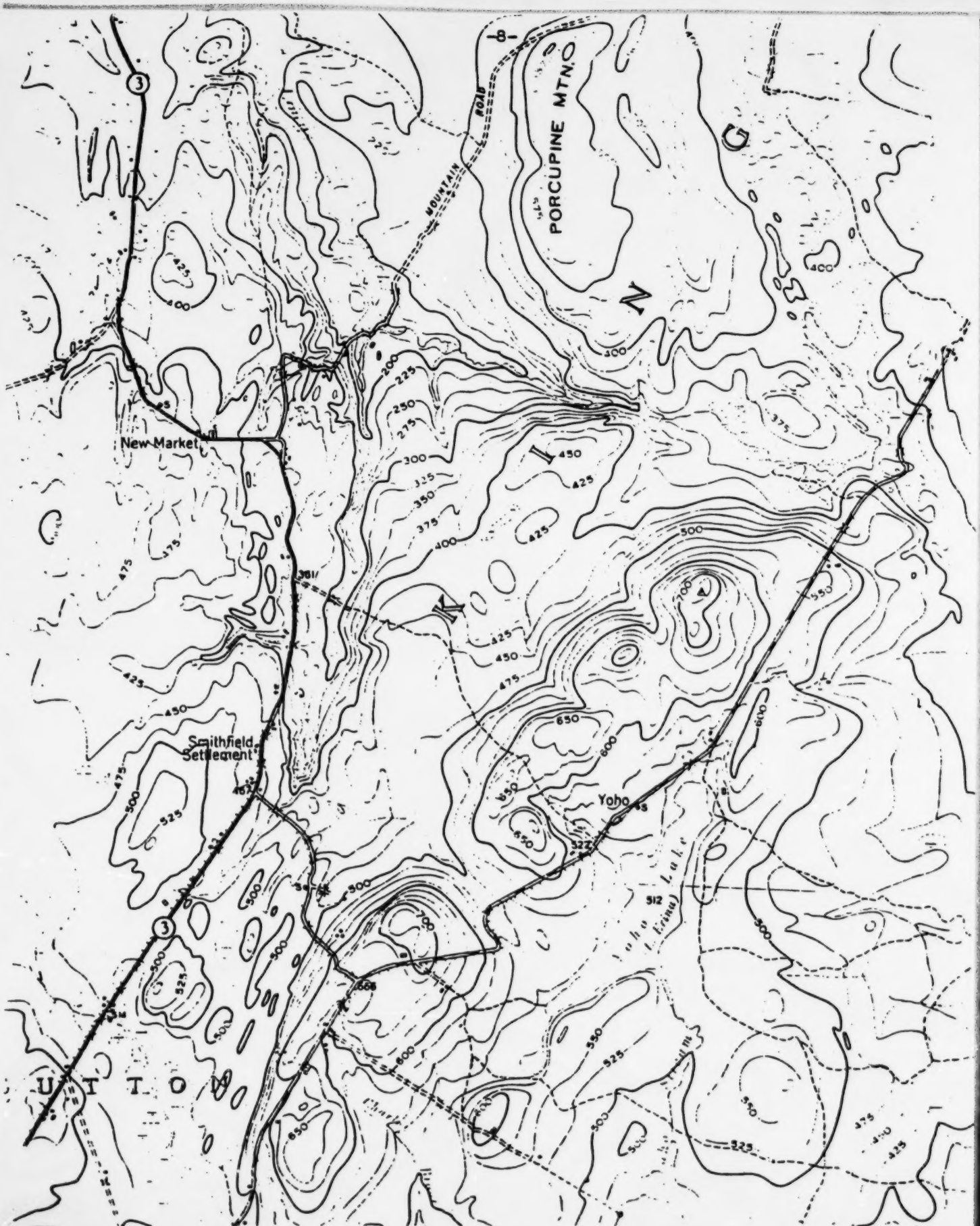


Figure 3.2.1. Partie de la Feuille de Fredericton. Echelle: 1:50000

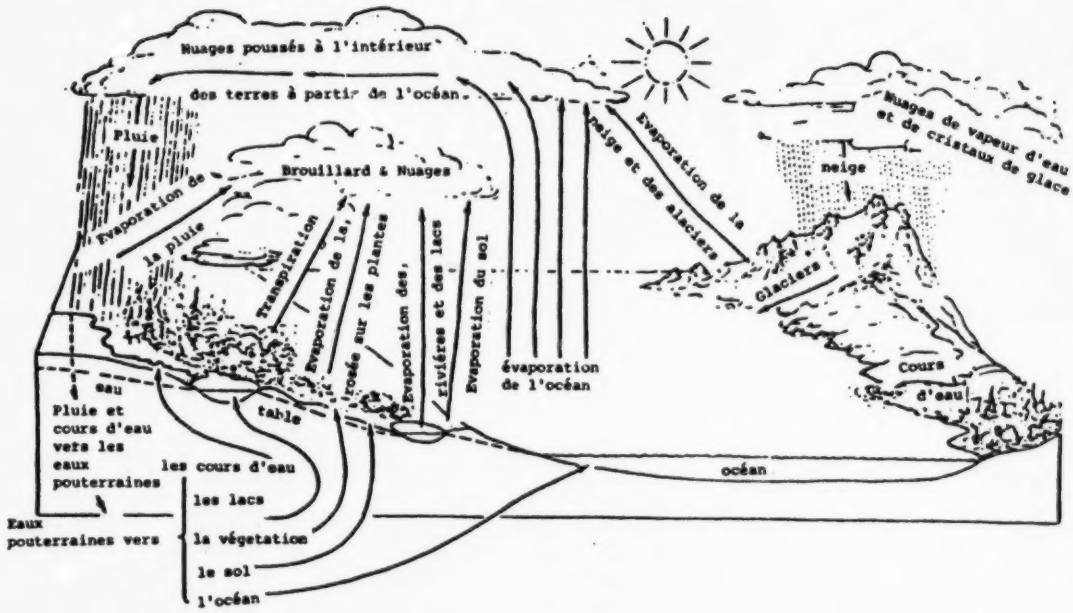


FIGURE 3.2.7.

Le cycle hydrologique (D'apès Principles of Geology (4e édition) de J. GiDuly, A. C. Waters, et A. O. Woodford, W. H. Freeman and Company. Copyright @ 1975.)

Fig. 3.2.7. - Le cycle hydrologique

	EROSION		TRANSPORT	DEPÔT	
	Modes d'érosion	Caractéristiques de l'érosion	Mode	Cause du dépôt	Nature
mouvement de masse	glissement éboulement ondulation déplacement effondrement	cicatrices d'éboulement affaissement superficiel	glissement éboulement ondulation effondrement écoulement plastique reptation	abaissement de la pente obstruction au mouvement perte d'eau	cônes d'ébou couches d'éb glaciers de coulées de b felsenmeer
Eaux courantes	corrosion corrosion action de l'eau	vallées fluviales pédiments pénéplaines terraces fluviales oueds (dans les déserts) cuvettes	suspension dissolution par sauts (bonds) ondulation poussée et traction	perte de vélocité abaissement de la perte perte de volume changement de cours blocage du courant	cônes alluvi barres comblement d terraces all deltas levées sédiments de
Vent	déflation corrosion abrasion impact	sape les collines creuse la roche table, roches-champignons cailloux éolisés pavage désertique transport du gravier	par bonds suspension ondulation	perte de vélocité tassement des particules lourdes pluie	loess cendres et p dunes (barkh transversal
Glaciation	déchaussement (enlévement) abrasion	striations et cannelures drumlins surfaces polies formes de croissants vallées façonnées en U méandres émoussés vallées suspendues cirques fjords cofs arêtes cornes	suspension traction transport à la surface poussée	fonte de la glace fragmentation de la glace dans l'océan	moraines (la retrait, mé remblais sin kames kame-terrace plaines allu argile de la blocs errati
Eaux souterraines	dissolution	cavernes fissures topographie karstique	à l'état de solution (méme processus que les eaux de surface)	précipitation due à 1) l'évaporation 2) la perte d'acidité 3) aux réactions chimiques perte de vélocité	terraces cr stalactites cimentation (remblaie remblaiement des caverne

EROSION	TRANSPORT	DEPÔT	
Caractéristiques de l'érosion	Mode	Cause du dépôt	Nature des sédiments
cicatrices d'éboulement affaissement superficiel	glissement éboulement ondulation effondrement écoulement plastique reptation	abaissement de la pente obstruction au mouvement perte d'eau	cônes d'éboulis couches d'éboulis glaciers de pierres coulées de boue felsenmeer
vallées fluviales pédiments pénéplaines terraces fluviales oueds (dans les déserts) cuvettes	suspension dissolution par sauts (bonds) ondulation poussée et traction	perte de vélocité abaissement de la perte perte de volume changement de cours blocage du courant	cônes alluviaux barres comblement du lit terraces alluviales deltas levées sédiments de plaines inondables
sape les collines creuse la roche table, roches-champignons cailloux éolisés pavage désertique transport du gravier	par bonds suspension ondulation	perte de vélocité tassement des particules lourdes pluie	loess cendres et poussiéres volcaniques dunes (barkhanes, longitudinales, transversales, sifs, paraboliques)
striations et cannelures drumlins surfaces polies formes de croissants vallées façonnées en U méandres émoussés vallées suspendues cirques fjords cofs arêtes cornes	suspension traction transport à la surface poussée	fonte de la glace fragmentation de la glace dans l'océan	moraines (latérales, terminales, de retrait, médianes, inférieures) remblais sinueux kames kame-terraces plaines alluviales pro-glaciaires argile de lac à varves blocs erratiques
cavernes fissures topographie karstique	à l'état de solution (méme processus que les eaux de surface)	précipitation due à 1) l'évaporation 2) la perte d'acidité 3) aux réactions chimiques perte de vélocité	terraces creusées par des sources stalactites et stalagmites cimentation des sédiments (remblaiement des vides) remblaiement des veines et des cavernes